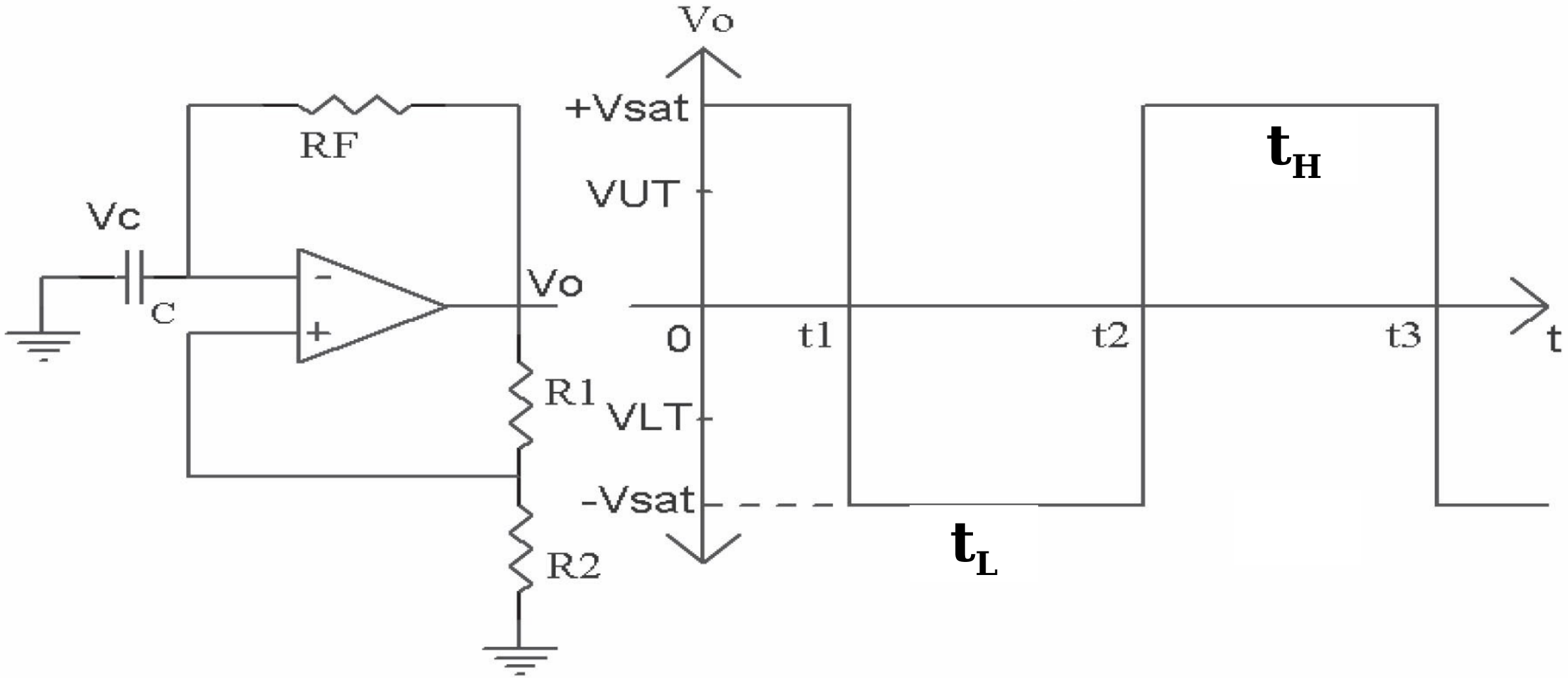
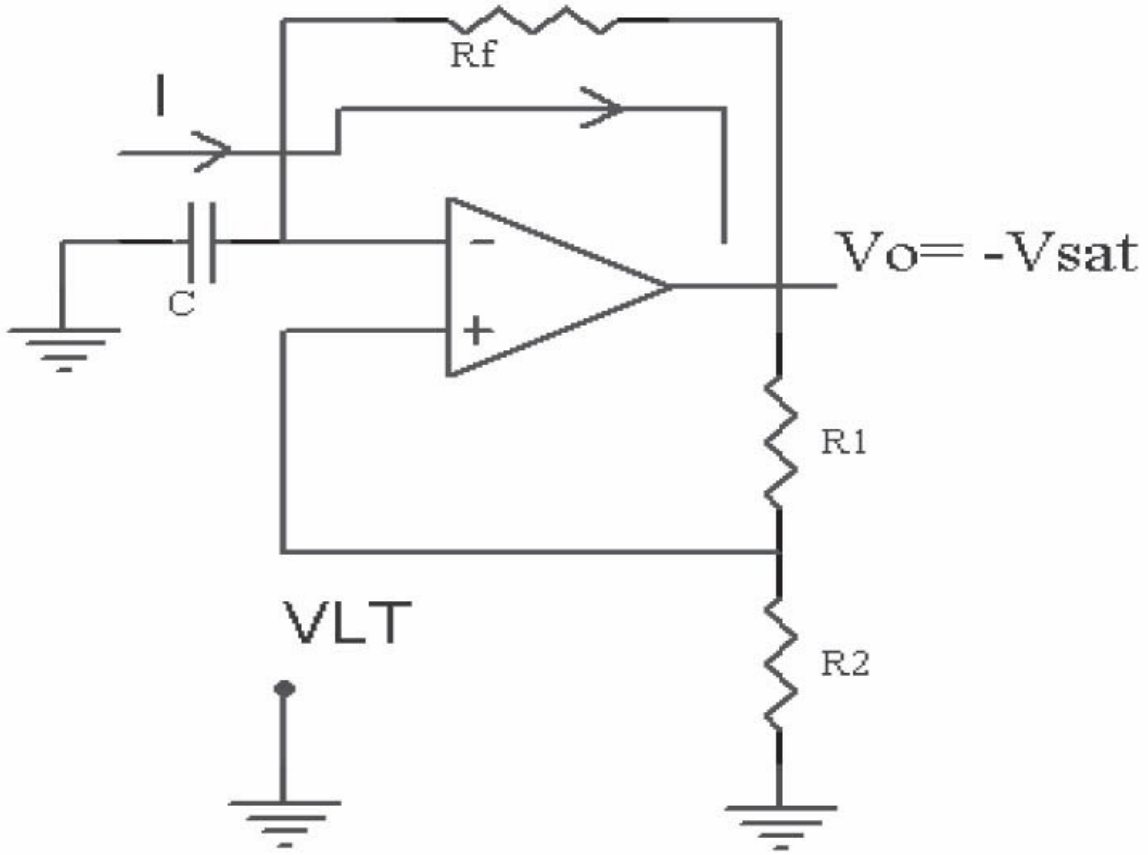
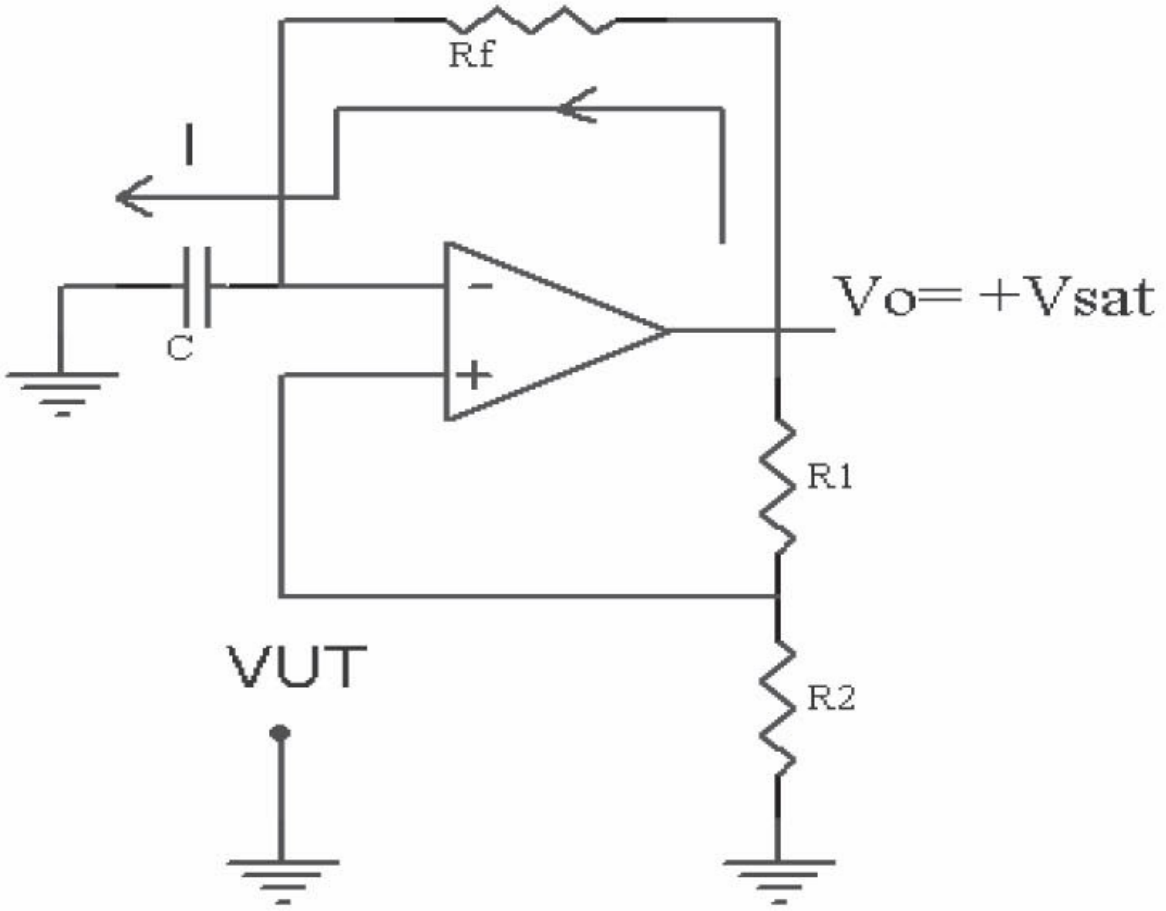
PEMBANGKIT GELOMBANG

PEMBANGKIT GELOMBANG PERSEGI *(ASTABLE MULTIVIBRATOR)*





(a)



(b)

Menghitung t_L (waktu rendah/*low time*) yaitu kapasitor melepas muatan (*discharge*) seperti pada Gambar (a) persamaan tegangan pada kapasitor (Vc) adalah

$$Vc = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + V(\sim) = \{V(0) - V(\sim)\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + V(\sim)$$

$$V(0) = V_{UT} = \frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat)$$

$$V(\sim) = -Vsat$$

$$Vc = \left\{\frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat) - (-Vsat)\right\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + (-Vsat)$$

$$Vc = \left\{\frac{R2 + (R1 + R2)}{R1 + R2}(+Vsat)\right\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{R1 + R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

Pada saat t = tL nilai $Vc = V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)$

$$\frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat) = \left\{\frac{R1 + 2R2}{R1 + R2}(+Vsat)\right\}.e^{-\frac{t_L}{\tau}} + \frac{R1 + R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

$$-R2 = \{R1 + 2R2\}.e^{-\frac{t_L}{\tau}} - (R1 + R2)$$

$\left\{\frac{R1}{R1 + 2R2}\right\} = e^{-\frac{t_L}{\tau}}$ dilogaritmakan dengan ln.

$$\ln\left\{\frac{R1}{R1 + 2R2}\right\} = -\frac{t_L}{\tau}$$

$t_L = \tau \ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}$ dimana τ adalah konstanta waktu (*time constant*) sebesar $\tau = Rf.C$

$$t_L = Rf.C.\ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}$$

Menghitung t_H (waktu tinggi/*high time*) yaitu kapasitor diisi muatan (*charge*) seperti pada Gambar (b) persamaan tegangan pada kapasitor (Vc) adalah

$$Vc = A.\left\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right\} + V(0) = \{V(\sim) - V(0)\}\left\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right\} + V(0)$$

$$V(0) = V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

$$V(\sim) = +Vsat$$

$$Vc = \left\{\frac{(R1 + R2) + R2)}{R1 + R2}(+Vsat)\right\}.\left\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right\} + \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

Pada saat t = tH nilai $Vc = V_{UT} = \frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat)$

$$\frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat) = \left\{\frac{R1+2R2}{R1 + R2}(+Vsat)\right\}.\left\{1-e^{-\frac{t_H}{\tau}}\right\} + \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

$$R2 = \{R1+2R2\}.\left\{1-e^{-\frac{t_H}{\tau}}\right\} - \boldsymbol{R}2$$

$$-R2 = -(R1+2R2).e^{-\frac{t_H}{\tau}}$$

$\left\{\frac{R1}{R1 + 2R2}\right\} = e^{-\frac{t_H}{\tau}}$ dilogaritmakan dengan ln.

$$\ln\left\{\frac{R1}{R1 + 2R2}\right\} = -\frac{t_H}{\tau}$$

$t_H = \tau \ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}$ dimana τ adalah konstanta waktu (*time constant*) sebesar $\tau = Rf.C$

$$t_H = Rf.C.\ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}$$

COPY

Periode = T adalah

$$T = t_L + t_H = 2Rf.C.\ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}\text{detik}$$

Frekuensi osilasi adalah $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2Rf.C.\ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}}\text{Hz}$

Siklus kerja (Duty cycle) adalah $DC = \frac{t_H}{t_L + t_H} \times 100\% = \frac{Rf.C.\ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}}{2Rf.C.\ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}} \times 100\% = 50\%$

Supaya dalam perancangan (desain) menjadi mudah dan sederhana maka dibuat $\ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\} = 1$ sehingga perbandingan nilai R1 dan R2 adalah

$$R2 = 0{,}86.R1$$

Rumusnya menjadi sederhana.

$$t_L = Rf.C \text{ dan } t_H = Rf.C$$

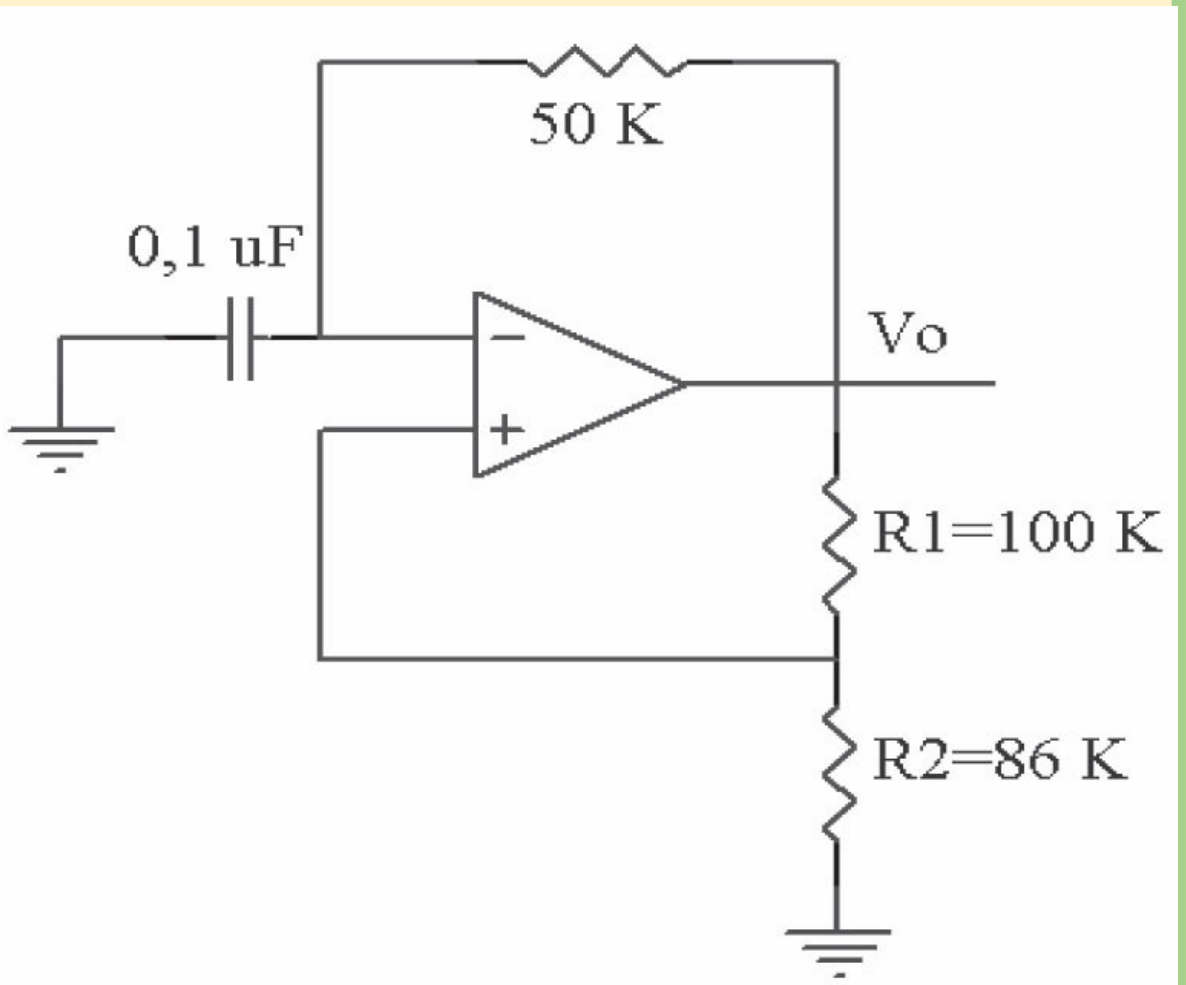
$$T = t_L + t_H = 2Rf.C$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2Rf.C}$$

$$DC = \frac{t_H}{t_L + t_H} \times 100\% = \frac{Rf.C}{2Rf.C} \times 100\% = 50\%$$

Contoh 4.1

Berapa frekuensi osilasi rangkaian berikut dan berapa tegangan maks. dan min. pada C?
Diketahui OpAmp dengan ± V = ± 12 volt ; ± Vsat = ± 10 volt.



Penyelesaian: Apakah nilai R2 = 0,86 R1? Ya

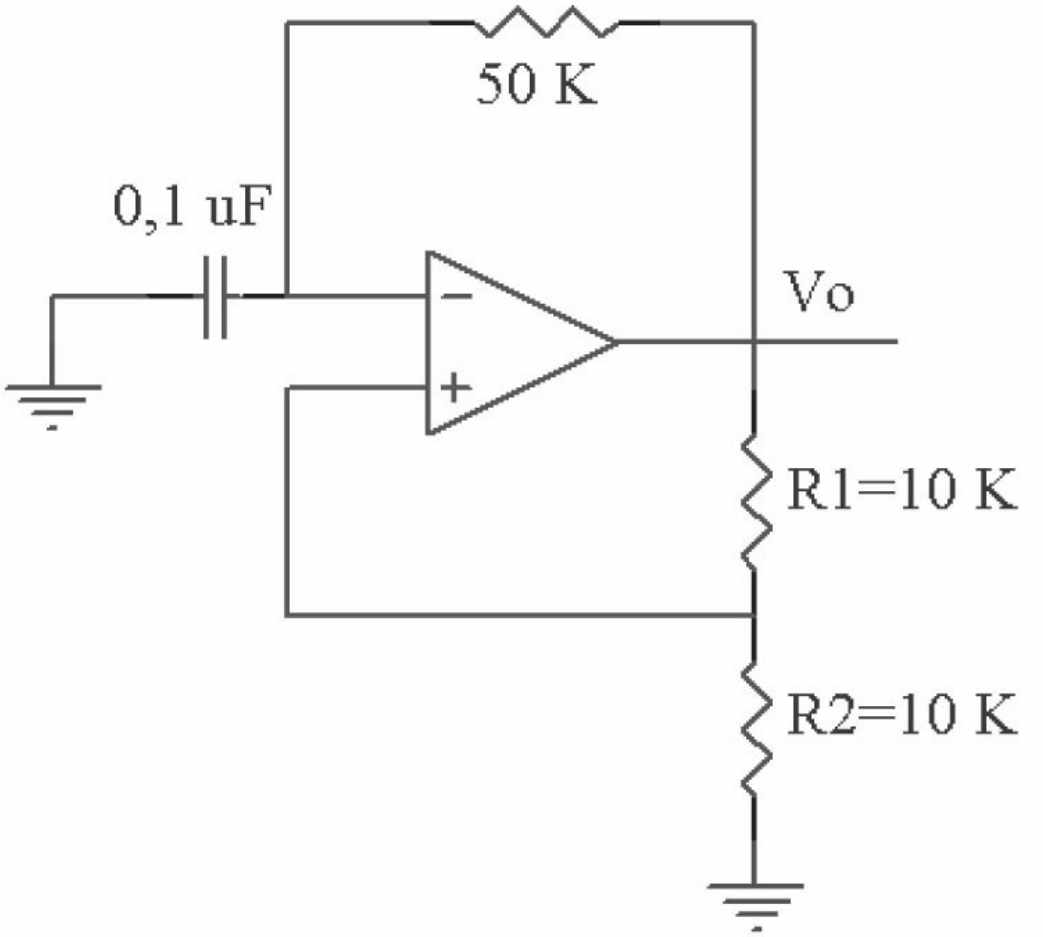
$$fo = \frac{1}{2Rf.C} = \frac{1}{2.5.10^{4}.10^{-7}} = \frac{1}{10^{-2}} = 100\text{Hz}$$

$$Vcmaks = V_{UT} = \frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat) = \frac{86}{100+86}(10\text{V}) = +4{,}62\text{V}$$

$$Vcmin = V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat) = \frac{86}{100+86}(-10\text{V}) = -4{,}62\text{V}$$

Contoh 4.2

Berapa frekuensi osilasi rangkaian berikut dan berapa tegangan maks. dan min. pada C?
Diketahui OpAmp dengan ± V = ± 12 volt ; ± Vsat = ± 10 volt.



Penyelesaian: Apakah nilai R2 = 0,86 R1? Tidak

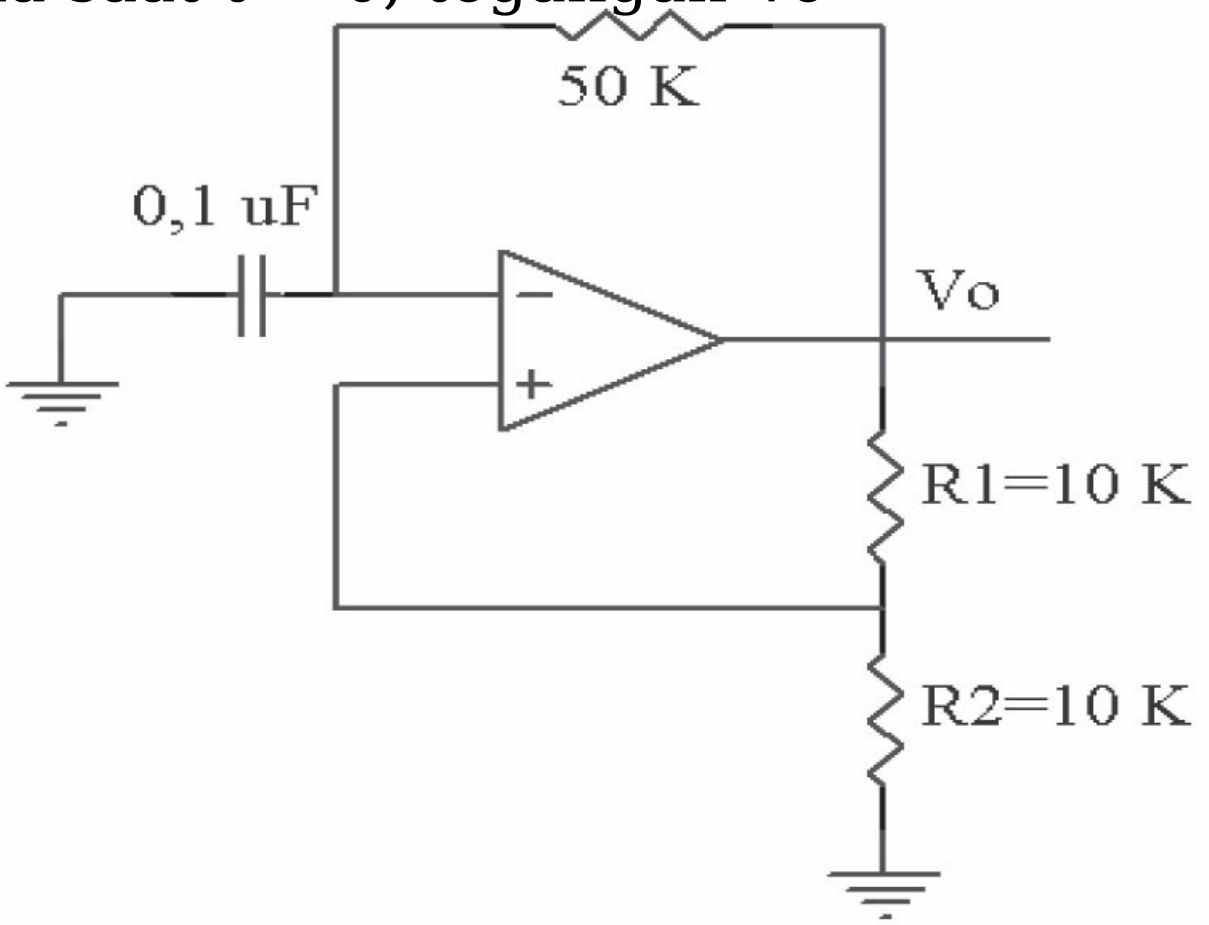
$$fo = \frac{1}{2Rf.C.\ln\left(\frac{R1 + 2R2}{R1}\right)} = \frac{1}{2.5.10^{4}.10^{-7}.\ln\left(\frac{10+20}{10}\right)} = \frac{1}{10^{-2}.\ln(3)} = \frac{100}{1,1} = 90,91Hz$$

$$Vcmaks = V_{UT} = \frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat) = \frac{10}{10+10}(10V) = +5V$$

$$Vcmin = V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat) = \frac{10}{10+10}(-10V) = -5V$$

Contoh 4.3

Diketahui rangkaian *multivibrator* dan OpAmp dengan ± V = ± 12 volt ; ± Vsat = ± 10 volt. Gambarkan dengan teliti bentuk gelombang *output* (Vo) dan Vc pada satu sumbu salib apabila pada saat t = 0, tegangan Vo = +Vsat dan Vc = -2 Volt !



Penyelesaian: Apakah nilai R2 = 0,86 R1? Tidak

$$fo = \frac{1}{2Rf.C.\ln\left(\frac{R1 + 2R2}{R1}\right)} = \frac{1}{2.5.10^{4}.10^{-7}.\ln\left(\frac{10+20}{10}\right)} = \frac{1}{10^{-2}.\ln(3)} = \frac{100}{1,1} = 90,91\text{Hz}$$

$$t_L = Rf.C.\ln\left(\frac{R1 + 2R2}{R1}\right) = 5.10^{4}.10^{-7}.\ln(3) = 5,5\text{m det}$$

$$t_H = Rf.C.\ln\left(\frac{R1 + 2R2}{R1}\right) = 5.10^{4}.10^{-7}.\ln(3) = 5,5\text{m det}$$

$$Vcmaks = V_{UT} = \frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat) = \frac{10}{10+10}(10\text{V}) = +5\text{V}$$

$$Vcmin = V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat) = \frac{10}{10+10}(-10\text{V}) = -5\text{V}$$

Untuk mencari t1, persamaannya adalah

$$Vc = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + V(\sim) = \{V(\sim) - V(0)\}\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\} + V(0)$$

$$V(0) = -2\text{volt}$$

$$V(\sim) = +\text{Vsat} = +10\text{volt}$$

$$Vc = \{10 - (-2)\}\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\} + (-2)$$

$$Vc = \{12\}\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\} + (-2)$$

Pada saat t = t1 nilai $Vc = V_{UT} = \frac{R2}{R1 + R2}(+Vsat) = +5\text{volt}$

$$5 = \{12\}\{1 - e^{-\frac{t1}{\tau}}\}$$

$$5 + 2 = 12 - 12\{e^{-\frac{t1}{\tau}}\}$$

$$-5 = 12.e^{-\frac{t1}{\tau}}$$

$\left\{\frac{5}{12}\right\} = e^{-\frac{t1}{\tau}}$ dilogaritmakan dengan ln menjadi $\ln\left\{\frac{5}{12}\right\} = -\frac{t1}{\tau}$

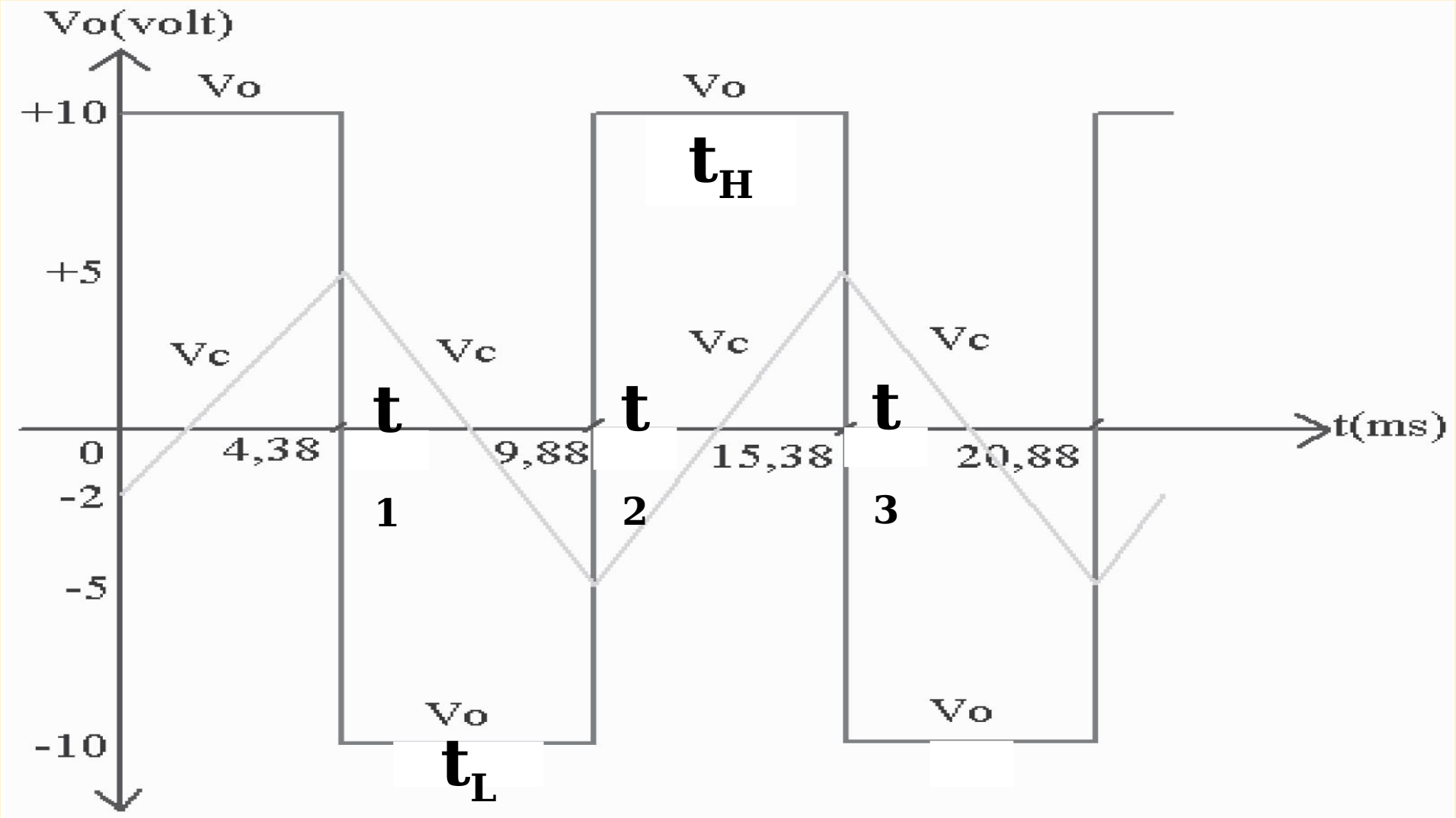
$t1 = \tau \ln\left\{\frac{12}{5}\right\}$ dimana τ adalah konstanta waktu (*time constant*) sebesar $\tau = Rf.C$

$t1 = Rf.C.\ln\{2,4\} = 5.10^{4}.10^{-7}.(0,875) = 4,38\text{mdet}$

$t2 = t1 + t_L = 4,38 + 5,5 = 9,88$ mdet

$t3 = t2 + t_H = 9,88 + 5,5 = 15,38$ mdet

Bentuk gelombang tegangan output:



Contoh 4.4

Rancanglah rangkaian *astable multivibrator* dengan *duty cycle* sama dengan 50 % dengan amplitude +10 volt dan frekuensi osilasi 50 Hz!

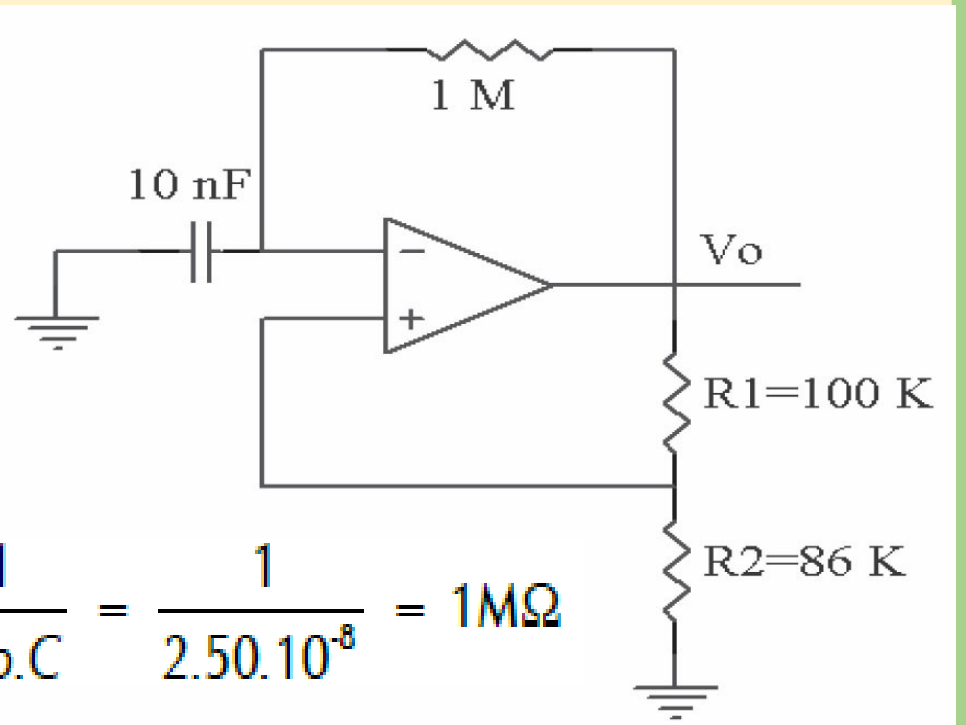
Penyelesaian:

Dipilih Op-amp dengan: ± V = ± 12 volt dan ± Vsat = ± 10 volt

Dipilih nilai R2 = 0,86.R1 supaya rur

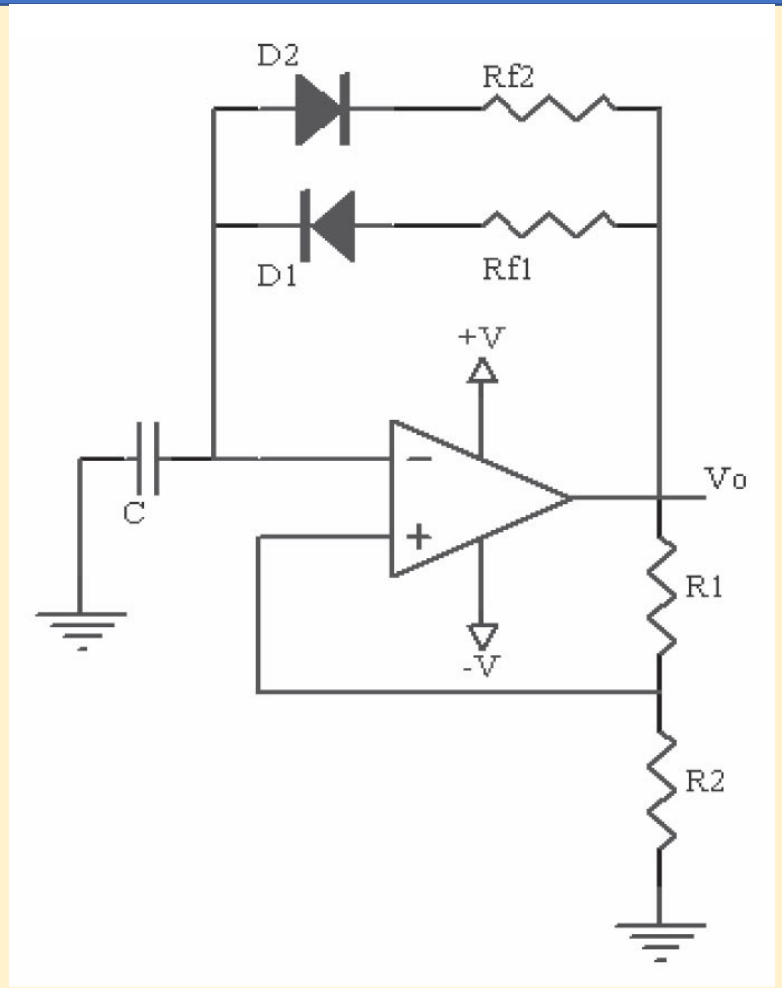
Dipilih R1=100 K dan R2= 86 K.

Dipih C = 10 nF.



Dihitung Rf dengan rumus $fo = \frac{1}{2.Rf.C}$ atau $Rf = \frac{1}{2.fo.C} = \frac{1}{2.50.10^{-8}} = 1M\Omega$

RANGKAIAN *ASTABLE MULTIVIBRATOR* DENGAN *DUTY CYCLE* TIDAK SAMA DENGAN 50 %



Waktu rendah $tL = Rf2.C.ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}$ atau $\tau = Rf2.C$

Waktu tinggi $t_H = Rf1.C.ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}$ atau $\tau = Rf1.C$

Periode = T adalah $T = t_L + t_H = (Rf1.C + Rf2.C)ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}$ detik

Frekuensi osilasi adalah $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(Rf1.C + Rf2.C)ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}}$ Hz

Duty cycle-nya adalah $$DC = \frac{Rf1.C.ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}}{(Rf1.C + Rf2.C)ln\left\{\frac{R1 + 2R2}{R1}\right\}} \times 100\%$$

$$DC = \frac{Rf1}{Rf1 + Rf2} \times 100\%$$

Apabila R*f*1 = R*f*2 maka DC = 50%.

Apabila R*f*1 > R*f*2 maka DC > 50%.

Apabila R*f*1 < R*f*2 maka DC < 50%.

Supaya dalam perancangan (desain) menjadi mudah dan sederhana maka dibuat $\ln\left\{\frac{R1+2R2}{R1}\right\}=1$ sehingga perbandingan nilai R1 dan R2 adalah $R2 = 0{,}86.R1$

dan rumusnya menjadi sederhana.

$$t_L = Rf2.C \text{ dan } t_H = Rf1.C$$

$$T = t_L + t_H = (Rf1+Rf2).C$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(Rf1+Rf2).C}$$

$$DC = \frac{t_H}{t_L+t_H}\times 100\% = \frac{Rf1.C}{(Rf1+Rf2).C}\times 100\% = \frac{Rf1}{Rf1+Rf2}\times 100\%$$

Apabila R*f*1 = R*f*2 maka DC = 50%.

Apabila R*f*1 > R*f*2 maka DC > 50%

Contoh 4.5

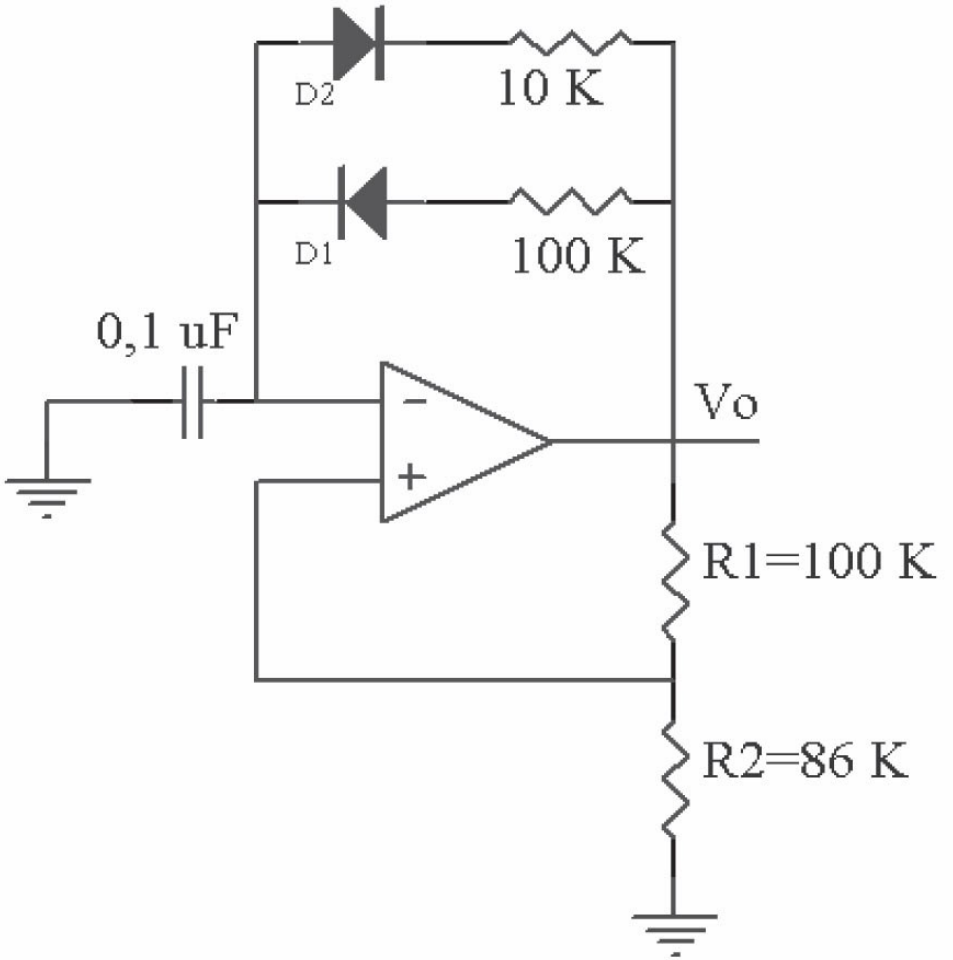
Berapa frekuensi osilasi rangkaian berikut dan berapa duty cycle (DC)?

Diketahui OpAmp dengan ± V = ± 12 volt ; ± Vsat = ±10 volt

Penyelesaian: Apakah nilai R2 = 0,86 R1? Ya

$$fo = \frac{1}{(Rf1+Rf2).C} = \frac{1}{(1+10).10^{4}.10^{-7}} = \frac{1}{(11).10^{-3}} = \frac{1000}{11} = 90{,}91\text{Hz}$$

$$DC = \frac{Rf1}{Rf1+Rf2}.100\% = \frac{100}{100+10}.100\% = 90{,}91\%$$



Contoh 4.6

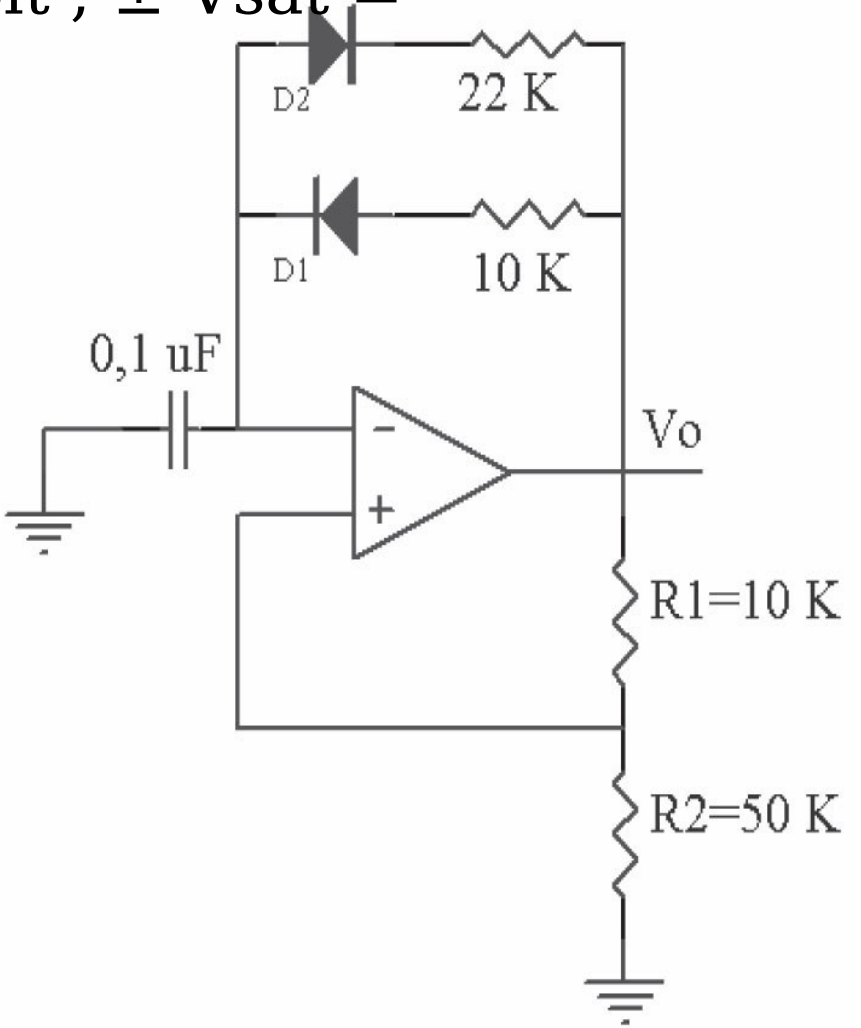
Berapa frekuensi osilasi rangkaian berikut dan berapa duty cycle (DC)?

Diketahui OpAmp dengan ± V = ± 12 volt ; ± Vsat = ±10 volt

Penyelesaian: Apakah nilai R2 = 0,86 R1? Tidak

$$fo = \frac{1}{(Rf1+Rf2).C.\ln\left(\frac{R1+2R2}{R1}\right)} = \frac{1}{(2,2+1).10^{4}.10^{-7}.\ln\left(\frac{10+100}{10}\right)} = \frac{1000}{(3,2).\ln(11)} = 130,21\text{Hz}$$

$$DC = \frac{Rf1}{Rf1+Rf2}.100\% = \frac{10K}{10K+22K}.100\% = 31,25\%$$



Contoh 4.7

Diketahui rangkaian *astable multivibrator* dan untuk Op-ampnya ± V = ± 12 volt; ± Vsat = ± 10 volt.
Gambarkan dengan teliti bentuk gelombang *output* (Vo) dan Vc pada satu sumbu salib apabila pada saat t = 0,

Penyelesaian: Apakah nilai R2 = 0,86 R1? Ya

$$fo = \frac{1}{(Rf1+Rf2).C} = \frac{1}{(1+10).10^{4}.10^{-7}} = \frac{1}{(11).10^{-3}} = \frac{1000}{11} = 90{,}91\text{Hz}$$

$$DC = \frac{Rf1}{Rf1+Rf2}.100\% = \frac{100}{100+10}.100\% = 90{,}91\%$$

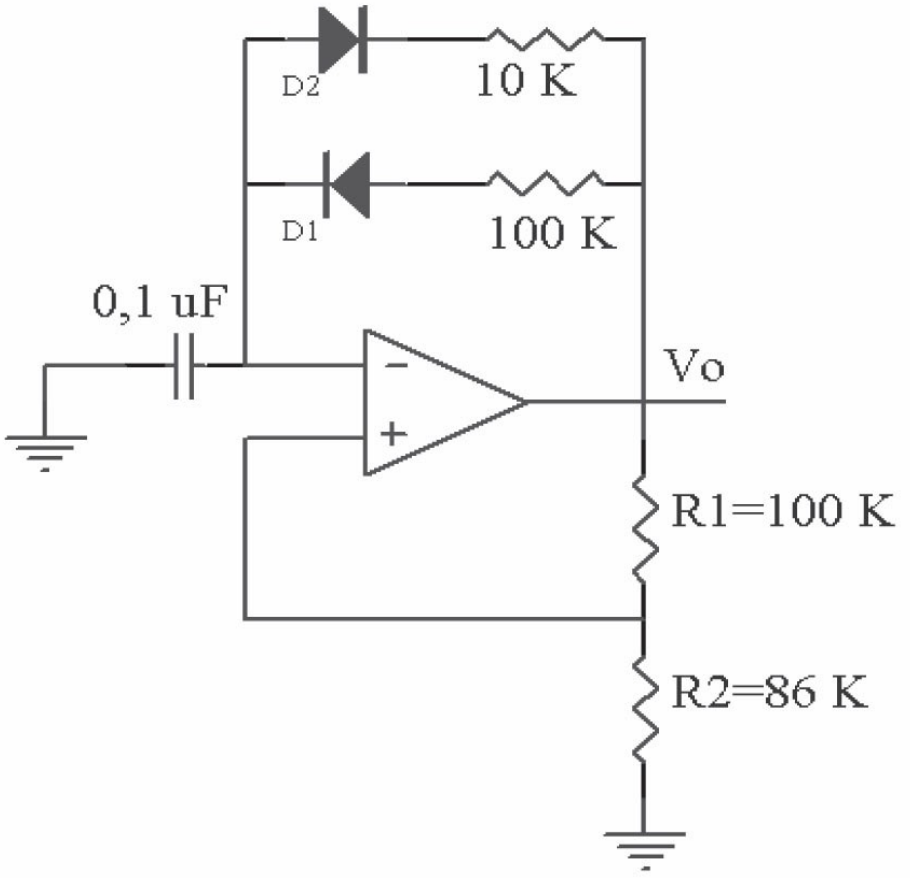
$$T = \frac{1}{fo} = \frac{1}{90{,}91} = 11\text{m det}$$

$$t_L = Rf2.C = 10^{4}.10^{-7} = 1\text{m det}$$

$$t_H = Rf1.C = 10^{5}.10^{-7} = 10\text{m det}$$

$$Vcmaks = V_{UT} = \frac{R2}{R1+R2}(+Vsat) = \frac{86}{86+100}(10\text{V}) = +4{,}62\text{V}$$

$$Vcmin = V_{LT} = \frac{R2}{R1+R2}(-Vsat) = \frac{86}{86+100}(-10\text{V}) = -4{,}62\text{V}$$



Untuk mencari t1, persamaannya adalah $Vc = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + V(\sim) = \{V(0) - V(\sim)\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + V(\sim)$

$V(0) = -1Volt$

$V(\sim) = -Vsat = -10Volt$

$Vc = \{-1-(-10)\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + (-10)$

$Vc = \{9\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + (-10)$

Pada saat t = t1 nilai $Vc = V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat) = -4{,}62volt$

$-4{,}62 = (9).e^{-\frac{t1}{\tau}}(-10)$

$\left\{\frac{5{,}38}{9}\right\} = e^{-\frac{t1}{\tau}}$ dilogaritmakan dengan ln.

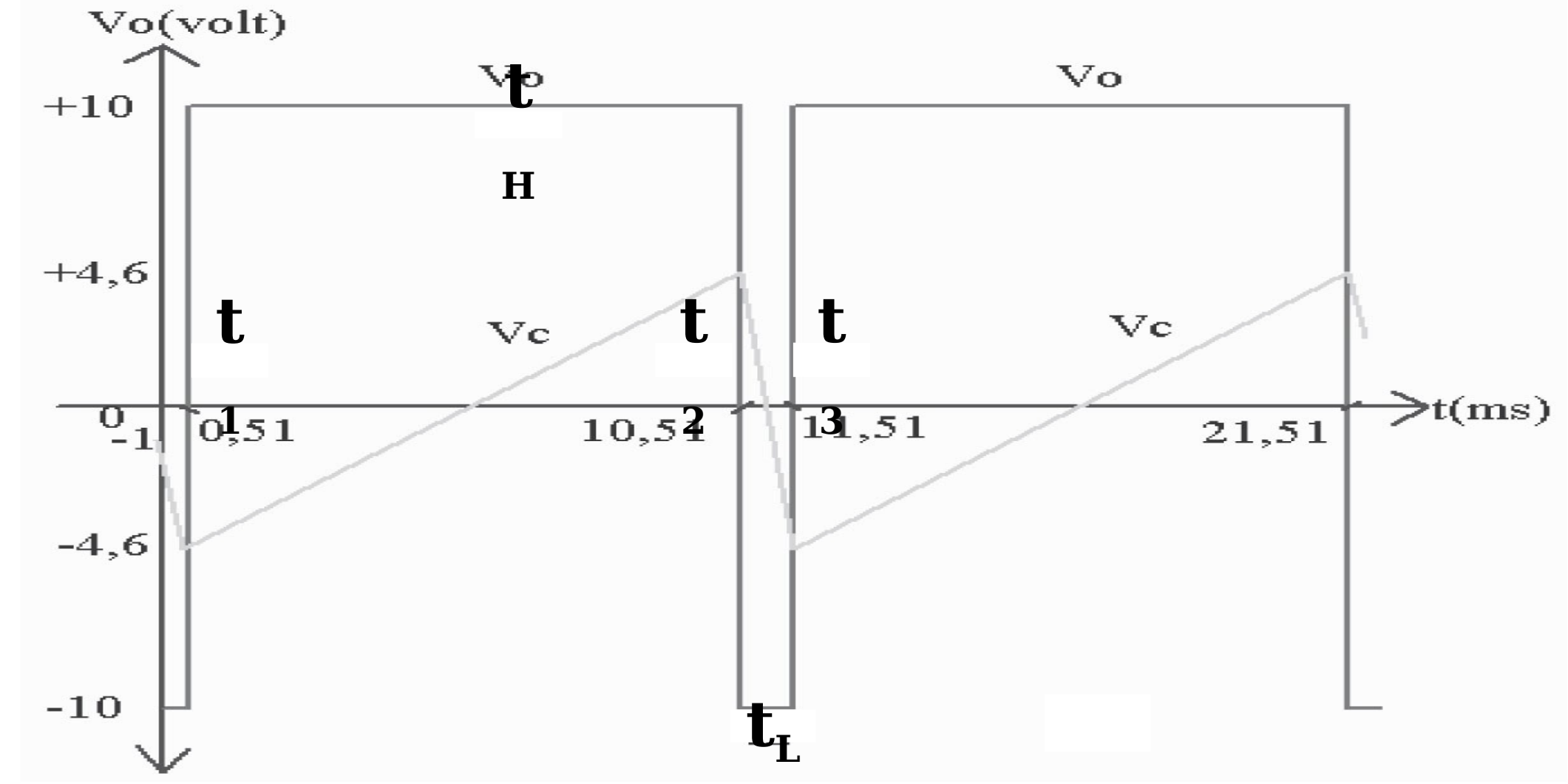
$\ln\left\{\frac{5{,}38}{9}\right\} = -\frac{t1}{\tau}$

$t1 = \tau \ln\left\{\frac{9}{5{,}38}\right\}$ dimana τ adalah konstanta waktu (*time constant*) sebesar $\tau = Rf2.C$

$t1 = Rf2.C.in\{1{,}67\} = 10^4.10^{-7}.(0{,}51) = 0{,}51m\ det$

$t2 = t1 + t_H = 0{,}51 + 10 = 10{,}51m\ det$

$t3 = t2 + t_L = 10{,}51 + 1 = 11{,}51m\ det$


Vo(volt)
Vo
Vo
+10
+4,6
t
H
t
t
t
Vc
Vc
0
-1
0,51
10,51
11,51
21,51
t(ms)
1
2
3
-4,6
-10
t
L

Contoh 4.8

Rancanglah rangkaian *astable multivibrator* dengan *duty cycle* sama dengan 40 % dengan amplitude ± 10 volt dan frekuensi osilasi 50 Hz!

Penyelesaian:

Periode sinyal adalah = 20 ms

Waktu positif (t_H) = 40%.(20) = 8 ms

Waktu negatif (t_L) = 100% - 40%).(20) = 12 ms

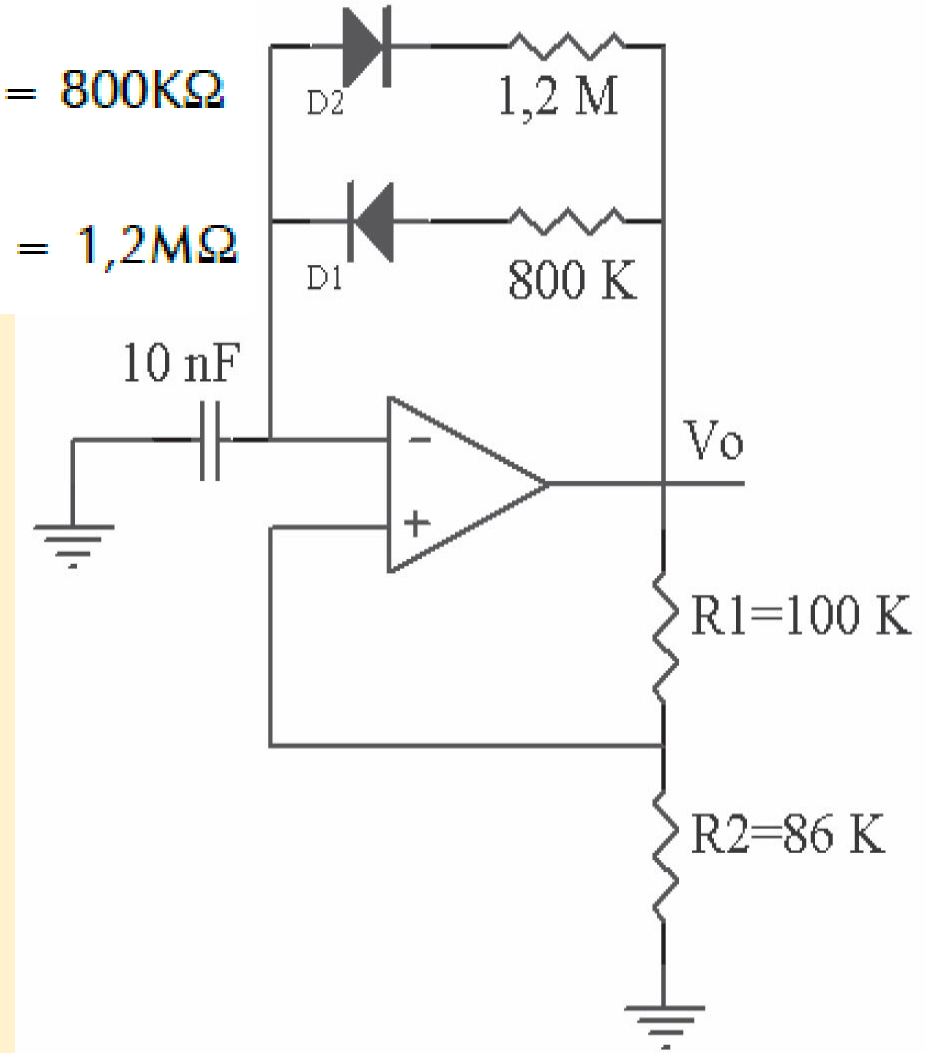
Dipilih Op-amp dengan: ± V = ± 12 volt dan ± Vsat = ± 10 volt

Dipilih nilai R2 = 0,86.R1 supaya rumusnya mudah. Dipilih R1=100 K dan R2= 86 K.

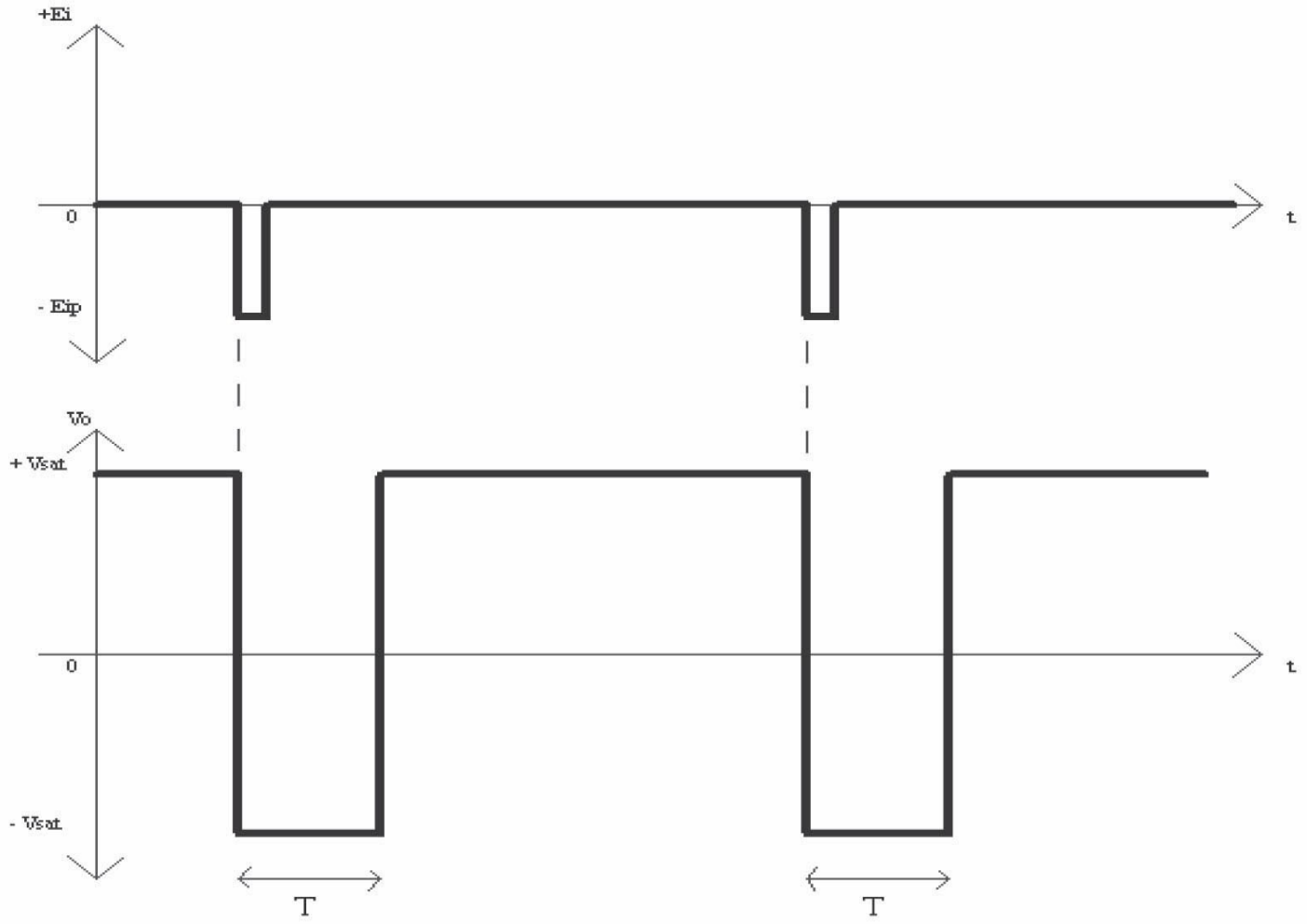
Dipilih D1 dan D2 yang tegangan lututnya mendekati nol.

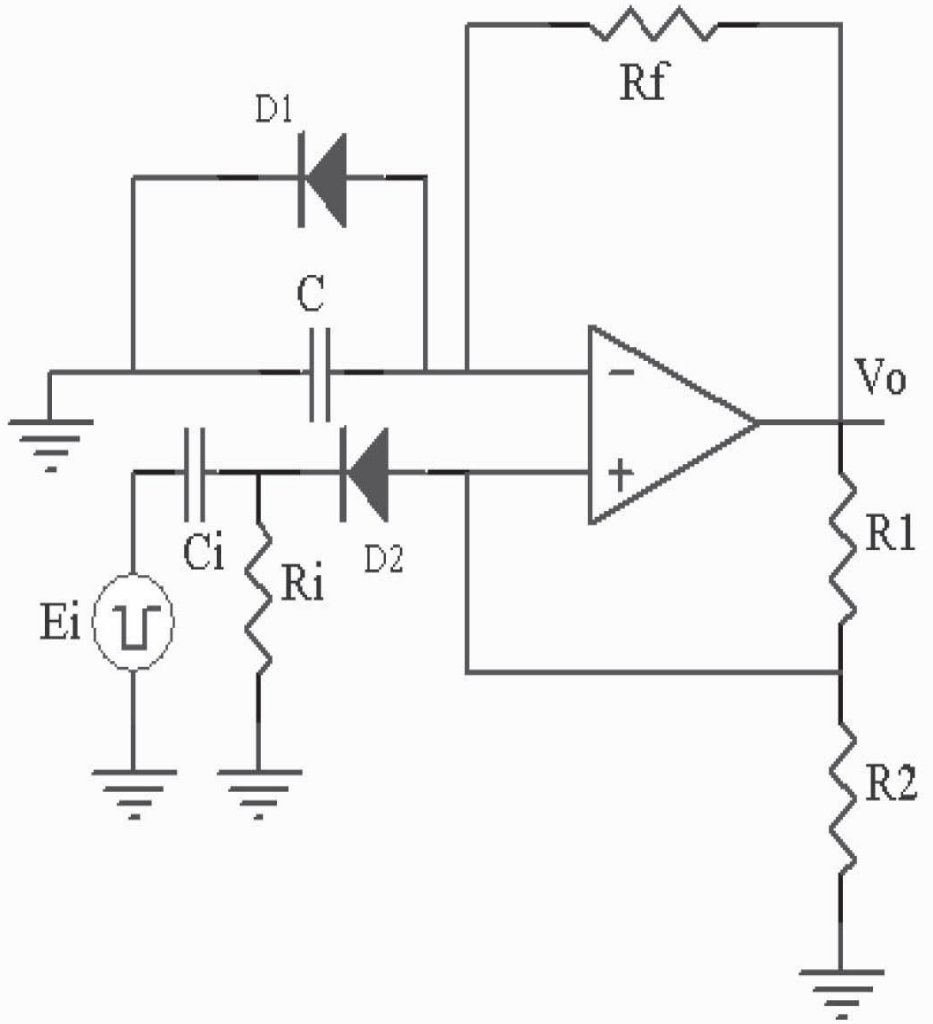
Dihitung Rf1 dengan rumus $t_H = Rf1.C$ atau $Rf1 = \frac{t_H}{C} = \frac{8.10^{-3}}{10^{-8}} = 800K\Omega$

Dihitung Rf2 dengan rumus $t_L = Rf2.C$ atau $Rf2 = \frac{t_L}{C} = \frac{12.10^{-3}}{10^{-8}} = 1{,}2M\Omega$



MULTIVIBRATOR SATU TEMBAKAN *(ONE SHOT MULTIVIBRATOR)*





Rangkaian multivibrator satu tembakan dinamakan juga sebagai ***multivibrator mono stable*** yaitu rangkaian yang mempunyai satu keadaan stabil. Rangkaian ini ada yang *trigger* **positif** atau *trigger* **negatif**. Untuk *trigger* **negatif** maka keadaan stabilnya di **+Vsat**, sedangkan untuk *trigger* **positif** stabilnya di **–Vsat**.

Rangkaian *mono stable (one shot) multivibrator* mempunyai empat keadaan yaitu :

(1) Keadaan stabil, pada keadaan ini tegangan yang masuk pada masukan (+) Op-amp adalah . Tegangan *output* Vo = +Vsat melalui Rf dan dioda D1 bias maju (*forward*) sehingga timbul arus yang melewati Rf arahnya ke kiri dan mengisi kapasitor (*charge*) sehingga tegangannya naik. Tegangan kapasitor (Vc) menjadi sama dengan tegangan *drop* pada dioda (Vb) dan tegangan ini masuk pada masukan (-) Op-amp sehingga *Ed* = *masukan* (+) – *masukan* (–) = V_{UT} – *Vb*. Selama nilai $V_{UT} > Vb$ maka *Ed* = positif sehingga Vo = +Vsat

(2) Keadaan peralihan yaitu keadaan menuju penentuan waktu. Apabila tegangan masukan Ei ditarik dari nol menuju negatif yaitu $Ei = -2.V_{UT}$ maka dioda D2 menjadi bias maju (*forward bias*) dan masukan (+) Op-amp ditarik ke negatif sehingga *Ed = negatif* dan *Vo* = – *Vsat*. Tegangan yang masuk ke masukan (+) Op-amp menjadi . dan kapasitor C menjadi membuang muatannya (*discharge*) melewati Rf. Selama nilai $V_{LT} < Vc$ maka nilai *Ed = negatif* dan *Vo* = –*Vsat*. Karena nilai Vc turun terus maka suatu saat $Vc < V_{LT}$ maka *Ed* berubah menjadi positif dan Vo menjadi +Vsat. Selang waktu tegangan Vc dari sama dengan tegangan Vb sampai sama dengan tegangan V_{LT} dinamakan **lebar pulsa luaran** atau **T**.

(3) Penentuan waktu lebar pulsa luaran (T).

Untuk menghitung **T** digunakan persamaan **Vc(t)**

$$Vc(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + V(\sim) = \{V(0) - V(\sim)\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + V(\sim)$$

Di mana $V(0) = Vb = V_a$

$$V(\sim) = -Vsat$$

$$Vc(t) = \{V_a - (-Vsat)\}.e^{-\frac{t}{\tau}} + (-Vsat)$$

$$Vc(t) = \{V_a + Vsat\}.e^{-\frac{t}{\tau}} - Vsat$$

Pada saat t = T nilai $Vc(t) = V_{LT} = \frac{R2}{R1+R2}(-Vsat)$

$$\frac{R2}{R1+R2}(-Vsat) = \{V_a + Vsat\}.e^{-\frac{T}{\tau}} - \frac{R1+R2}{R1+R2}(Vsat)$$

$$e^{-\frac{T}{\tau}} = \frac{R1.Vsat}{(R1+R2)(V_\partial + Vsat)}$$ dilogaritmakan dengan ln

$$-\frac{T}{\tau} = \ln\left\{\frac{R1.Vsat}{(R1+R2)(V_\partial + Vsat)}\right\}$$

$$T = \tau \ln\left\{\frac{(R1+R2)(V_\partial + Vsat)}{R1.Vsat}\right\}$$ di mana τ adalah konstanta waktu (*time constant*) sebesar $\tau = Rf.C$

$$T = Rf.C.\ln\left\{\frac{(R1+R2)(V_\partial + Vsat)}{R1.Vsat}\right\}$$

Apabila nilai $V_\partial << Vsat$ maka $T = Rf.C.\ln\left\{\frac{(R1+R2)}{R1}\right\}$

(4) Waktu pemulihan (*recovery time*). Waktu pemulihan adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang Vc mulai dari V_{LT} sampai dengan Vb (tegangan maju pada dioda D1) sehingga rangkaian ini siap untuk dipicu (*trigger*) lagi. Waktu pemulihan (*recovery time*) disingkat t_r. naan

$$Vc = \{V(\sim) - V(0)\}\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\} + V(0)$$

$$V(0) = V_{LT} = \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

$$V(\sim) = +Vsat$$

$$Vc = \left\{(+Vsat) - \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)\right\}\left\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right\} + \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

$$Vc = \left\{\frac{(R1 + R2) + R2}{R1 + R2}(+Vsat)\right\}\left\{1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right\} + \frac{R2}{R1 + R2}(-Vsat)$$

Pada saat $t = t_r$ nilai $V_c = V_b$

$$Vb = \left\{\frac{(R1+R2)+R2}{R1+R2}(+Vsat)\right\}\left\{1-e^{-\frac{t_r}{\tau}}\right\}+\frac{R2}{R1+R2}(-Vsat)$$

$$Vb(R1+R2)/Vsat = \{R1+2R2\}\left\{1-e^{-\frac{t_r}{\tau}}\right\}-R2$$

$$\frac{Vb(R1+R2)}{Vsat} = \{R1+2R2\}-\{R1+2R2\}.e^{-\frac{t_r}{\tau}}-R2$$

$$-(R1+R2)+\frac{(R1+R2)Vb}{Vsat} = -\{R1+2R2\}.e^{-\frac{t_r}{\tau}}$$

$$-\frac{(R1+R2)Vsat}{Vsat}+\frac{(R1+R2)Vb}{Vsat} = -\{R1+2R2\}.e^{-\frac{t_r}{\tau}}$$

$$\frac{(R1+R2)(Vsat-Vb)}{Vsat} = (R1+2R2).e^{-\frac{t_r}{\tau}}$$

$$\frac{(R1+R2)(Vsat-Vb)}{Vsat.(R1+2R2)} = e^{-\frac{t_r}{\tau}}$$ dilogaritmakan dengan ln,

$$\ln\frac{(R1+R2)(Vsat-Vb)}{Vsat.(R1+2R2)} = -\frac{t_r}{\tau}$$

$$t_r = \tau \ln\left\{\frac{(R1+2R2).Vsat}{(R1+R2)(Vsat-Vb)}\right\}$$ di mana τ adalah konstanta waktu sebesar $\tau = Rf.C$

$$t_r = Rf.C.\ln\left\{\frac{(R1+2R2).Vsat}{(R1+R2)(Vsat-Vb)}\right\}$$

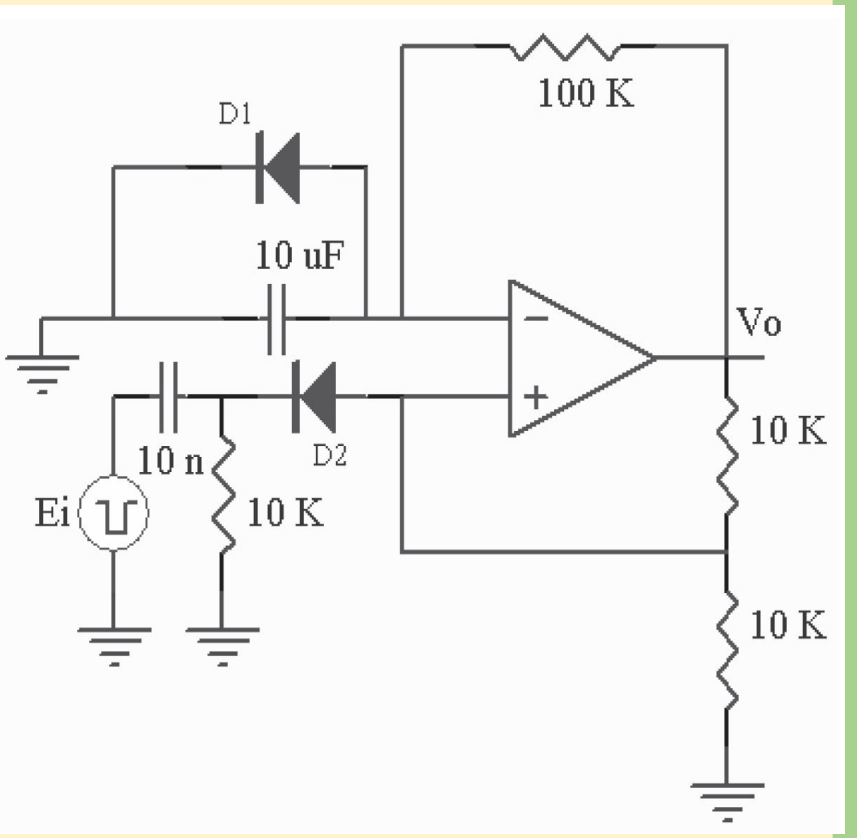
Contoh 4.9

Berapa **lebar pulsa** tegangan *output* (**T**) dan waktu pemulihan ($\mathbf{t_r}$)?

Apabila $V_\beta << Vsat$ maka $T = Rf.C.ln\left\{\frac{R1+R2}{R1}\right\}$

$$T = Rf.C.ln\left\{\frac{(R1+R2)}{R1}\right\} = 10^5.10^{-5}.\ln\left\{\frac{10+10}{10}\right\} = 0{,}693 \text{ det}$$

$$t_r = Rf.C.ln\left\{\frac{(R1+2R2).Vsat}{(R1+R2).(Vsat-Vb)}\right\} = 10^5.10^{-5}.\ln\left\{\frac{(10+20)(10)}{(10+10)(10-1)}\right\} = \ln\frac{30}{18} = 0{,}51 \text{ det}$$



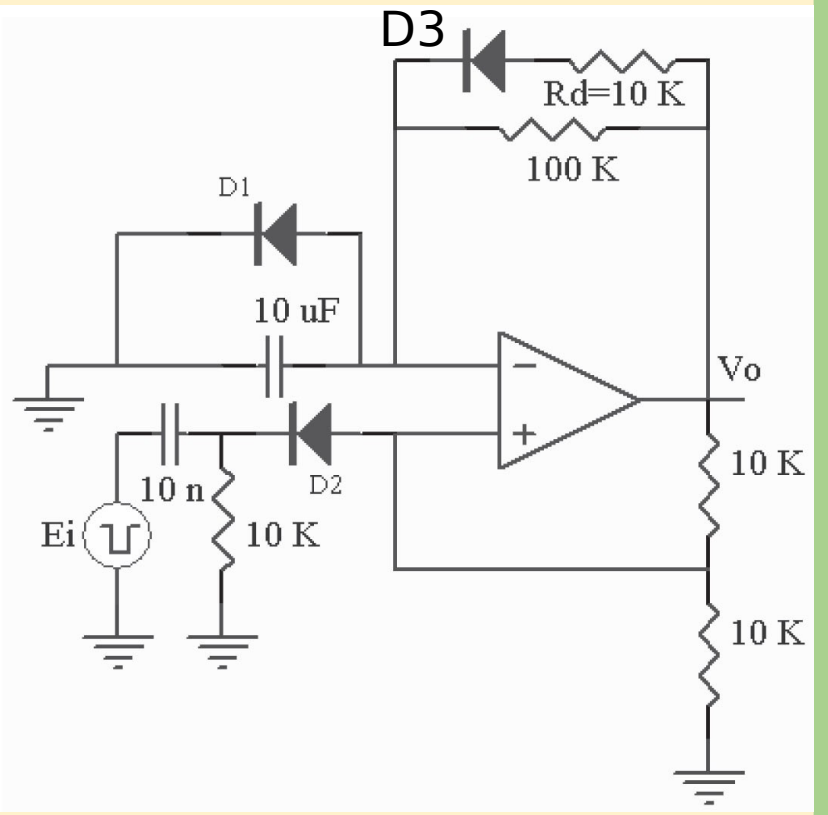
Contoh 4.10

Berapa **lebar pulsa** tegangan *output* (**T**) dan waktu pemulihan ($\mathbf{t_r}$)?

.2 vol

Apabila $V_o << Vsat$ maka $T = Rf.C.ln\left\{\frac{R1+R2}{R1}\right\}$

$$T = Rf.C.ln\left\{\frac{(R1+R2)}{R1}\right\} = 10^5.10^{-5}.\ln\left\{\frac{10+10}{10}\right\} = 0{,}693 \text{ det}$$



Untuk mempercepat **waktu pemulihan** (*recovery time*) maka dipasang Rd seri dengan dioda D3 yang diparalel dengan Rf. Apabila kapasitor membuang muatan (*discharge*) maka arus akan lewat Rf karena dioda D3 *reverse bias*. Sedangkan jika kapasitor diisi muatan (*charge*) yaitu sampai sama dengan Vb dan waktunya sama dengan $\boldsymbol{t_r}$ maka dioda D3 pada mode *forward bias* sehingga R_{total} adalah Rd paralel Rf dan nilainya menjadi kecil sehingga arus besar dan waktu pemulihannya cepat. Apabila Rd sepersepuluh dari Rf maka t. Dari data didapatkan t(0,693) = 0,0693 det

https://www.its.ac.id/telektro/id/beranda/